Aus dem Pathologischen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. E. K i r c h

Quantitative Untersuchungen am Zwerchfell bei chronisch-substantiellem Lungenemphysem.

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfasst und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius - Maximilians - Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Karsten Rotte
aus Chemnitz

Würzburg 1957

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. E. K i r c h

Quantitative Untersuchungen am Zwerchfell bei chronisch-substantiellem Lungenemphysem.

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfasst und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius - Maximilians - Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Karsten Rotte
aus Chemnitz

Würzburg 1957

Referent: Privatdozent Dr. med. Georg D h o m.
Korreferent: Professor Dr. med. Eugen K i r c h.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Tag der mündl. Prüfung:
20. Februar. 1957.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Meinen lieben Eltern.

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung S. 1

B. Eigene Untersuchungsergebnisse

I. Untersuchungstechnik S. 1

II. Makroskopische Untersuchungen S. 2

III. Mikroskopische Untersuchungen S. 17

C. Diskussion der Ergebnisse S. 21

D. Zusammenfassung. S. 32

E. Schrifttum S. 34

A.: Einleitung.

Bis zum Anfang dieses Jahrhunderts hatten Physiologie und Klinik dem Zwerchfell und seiner Funktion nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Man sah im Zwerchfell hauptsächlich eine Scheidewand zwischen Thoraxraum und Bauchhöhle mit nur einer relativ untergeordneten Bedeutung für die Atmung. Die Mm. thoracici dagegen wurden als die für die Atmung funktionell wichtigste Muskelgruppe angesehen.

Gleichwohl hatte schon kein geringerer als Leonardo da Vinci - wie Holl im Archiv für Anatomie und Physiologie zu berichten weiss - eine durchaus richtige Vorstellung von der Aufgabe des Zwerchfelles als Atemmuskel. Leonardo da Vinci erklärt in seinem Aufsatz über die Anatomie und Physiologie des Zwerchfelles ganz richtig, dass normalerweise bei der Zusammenziehung des Diaphragma keine Verengerung der unteren Thoraxapertur erfolgen kann, da gleichzeitig mit dem Zwerchfell die Rippenheber sich kontrahieren und so einer Einwärtsbewegung der unteren Rippen entgegenwirken.

Seitdem es nun der modernen Chirurgie durch die Entwicklung neuer Narkoseverfahren, Entdeckung der Antibiotica etc. gelungen ist, transthorakale Eingriffe routinemässig durchzuführen, und seitdem die Kreislaufforschung gewaltige Fortschritte erzielen konnte, ist das Interesse an der Funktion des Zwerchfelles in diesen Disziplinen sprunghaft gestiegen. Dies beweist die Flut von Veröffentlichungen, die in den letzten zwei Jahrzehnten über dieses Thema gemacht wurden.

Dagegen fanden sich in der uns zugänglichen Literatur nur verschwindend wenige Hinweise über das Verhalten des Zwerchfelles bei chronischen Lungenerkrankungen. Ziel dieser Arbeit soll es nun sein, an Hand eigener Untersuchungen sowie der bis jetzt vorhandenen Literaturhinweise darzustellen, ob und welche Veränderungen bei chronischen Lungenerkrankungen - spez. bei dem chronisch-substantiellen Lungenemphysem (ch.s.E.) - am Zwerchfell vorkommen können.

B.: Eigene Untersuchungsergebnisse.

I. Unterschuchungstechnik.

R o k i t a n s k y (1861) und E p p i n g e r (1912) befassten sich als erste mit dem Verhalten des Zwerchfelles bzw. der Atemmuskulatur beim ch.s.E. ohne allerdings exakte Wägungen

oder Messungen am Zwerchfell durchzuführen.

H. F r o m m e's "Systematische Untersuchungen über die Gewichtsverhältnisse des Zwerchfelles" (1916) befassen sich bis heute als einzige nach den obengenannten Autoren auch mit den Beziehungen des Zwerchfelles zum ch.s.E.

Um unsere Ergebnisse mit denen von H. F r o m m e vergleichen zu können und, da uns diese Methode sich am besten mit dem routinemässigen Sektionsdienst an unserem Institut zu vereinen schien, wählten wir die von H. F r o m m e angegebene Präparationstechnik wie folgt:

Nach Eröffnung der Bauchhöhle wurde der Zwerchfellstand bestimmt und darauf der vordere Abschnitt des Zwerchfelles durch einen Schnitt scharf am Knochen entlang vom Sternum und den Rippenknorpeln gelöst. Nach Herausnahme aller Eingeweide hing das Zwerchfell als schlaffe Membran zwischen Bauch- und Brusthöhle. Nachdem die Zwerchfellschenkel präpariert waren, wurde der peritoneale Überzug auf der abdominalen Seite und die Pleura auf der costalen an ihrem Übergang auf das Zwerchfell ein Stück weit abgetrennt. Durch ein leichtes Spannen des Zwerchfelles wurden nun seine fleischigen Ansatzzacken an den Rippen gut sichtbar. Alle anhaftenden fremden Teile wurden an dem herausgenommenen Zwerchfell sorgfälltig abpräpariert, sodass nur die Muskulatur und das Centrum tendineum gewogen wurden.

An korrespondierenden Stellen beider Zwerchfellkuppeln wurde anschliessend je ein Muskelstück zur histologischen Untersuchung entnommen und in Neutralformalin zur Fixierung eingelegt. Aus den fixierten Muskelstücken wurde nach Paraffineinbettung je ein Längs- und Querschnitt von 12μ Dicke hergestellt.

II. Makroskopische Untersuchungen:

Ein Muskel kann in zwei Richtungen von seiner Norm abweichen. Er kann hypertrophieren oder atrophieren. Beides bringt die Waage - abgesehen von der Pseudohypertrophia adiposa - zur sicheren Anschauung.

Um erkennen zu können, ob das Zwerchfell beim ch.s.E. einer Hypertrophie oder Atrophie unterworfen ist, müssen wir zunächst ein sog. normales Zwerchfell definieren. Als normal wurden die Zwerchfelle aller Altersklassen von 18 Jahren aufwärts bezeichnet,

deren Träger keine chronischen Erkrankungen des Herzens und der Lunge hatten, sowie keine Zeichen einer Kachexie erkennen liessen. Ausserdem durfte das Zwerchfell selbst keine Missbildungen aufweisen und musste frei von Tumoren oder deren Metastasen sein.

In der nun folgenden Tabelle sind alle Zwerchfelle, die nach der obigen Definition als normal zu bezeichnen sind, zusammengestellt. Und zwar werden dabei die beiden Geschlechter getrennt aufgeführt.

Zu der Tabelle sind noch einige Erklärungen erforderlich, die auch für die folgenden Tabelle Gültigkeit haben:

S.N. = Sektionsnummer
K.L. = Körperlänge in cm
Z.G. = Zwerchfellgew. in g
A.u.G. = Alter und Geschlecht
K.G. = Körpergewicht in kg
Z.K. = Verhältnis des Zwerchfellgew. zum Körpergew. in %.
T.U. = Todesursache

Tabelle 1a: Normale Zwerchfelle, männlich

S.N.	A.u.G.	K.L.	K.G.	Z.G.	Z.K.	T.U
2o2/56	23 J.	17o	53	21o	0,39	Zustand nach Verkehrsunfall; Hirnkontusion; Kreislaufversagen.
266/56	2o J.	177	57	245	0,42	Zustand nach Verkehrsunfall; Massive confl. Bronchopneumonie bds.;Massiv.Lungenödem
411/56	29 J.	17o	72	24o	0,33	Zustand nach Verkehrsunfall; Fettembolie der Lungen.
19o/56	38 J.	163	74	335	0,45	Akute Hirnschwellung; Herz- und Kreislaufversagen.
237/56	46 J.	175	53	19o	0,35	Glioblastom; eitrige Bronchitis; Zentrales Herz- und Kreislaufversagen.
225/56	59 J.	172	57	15o	0,26	Zustand nach Ileusoperation; Herz- und Kreislaufversagen.
359/56	56 J.	162	42	16o	0,38	Hirndruck bei Hirntumor.
241/56	6o J.	175	68	2oo	0,29	Zustand nach Schädeltrepanation; Herz- und Kreislaufversagen.
264/56	67 J.	168	7o	325	0,46	Frische Coronarthrombose mit Hinterwandinfarkt.
192/56	71 J.	16o	61	27o	0,44	Zustand nach Verkehrsunfall.
232/56	73 J.	165	52	16o	0,3o	Ösophagusdivertikel; Kräftige Bronchopneumonie; Lungenödem.
194/56	69 J.	162	46	32o	0,69	Magenulcus; Zustand nach Magenresektion; Herzversagen.
218/56	61 J.	171	62	23o	0,37	Grosser incarcerierter Narbenbruch; Herz- und Kreislaufversagen.

Tabelle Ib: Normale Zwerchfell, weiblich

S.N.	A.u.G.	K.L.	K.G.	Z.G.	Z.K.	T.U.
22o/56	21 J.	169	44	175	0,39	Hirngeschwulst; Bronchopneumonie; Zentrale Atemlähmung.
262/56	49 J.	153	7o	175	0,25	Keilbeinflügelmeningeom; Hirnerweichung.
358/56	43 J.	155	42	155	0,36	Glioblastom; Lungenödem.
217/56	51 J.	159	65	22o	0,33	Hirntumor.
219/56	56 J.	155	68	18o	0,26	Suicid; Offene Hirnverletzung.
255/56	58 J.	161	72	165	0,22	Glioblastom.
283/56	6o J.	153	49	13o	0,26	Verkalktes Meningeom frontal.; Schwere Cerebralsklerose.
26o/56	68 J.	157	8o	235	0,29	Zustand nach Verkehrsunfall; Schädelbasisfraktur; Massive Fettembolie der Lunge.
261/56	69 J.	156	67	25o	0,36	Rectumcarcinom ohne Kachexie; Massive Lungenembolie; Massivstes Lungenödem.
187/56	77 J.	155	4o	16o	0,4o	Magencarcinom ohne Kachexie.
2o4/56	7o J.	153	54	225	0,41	Pyelonephritis; Urämie; Lungenödem.
251/56	76 J.	145	47	175	0,37	Diabetes mellitus; Coma diabeticum (lt. klin.Angabe); Lungenödem.
363/56	7o J.	15o	44	165	0,37	Tetanus (lt.klin.Angabe); Herz- und Kreislaufversagen.

Aus den beiden Tabellen ist ersichtlich, dass das absolute Gewicht der einzelnen Zwerchfelle - auch innerhalb der verschiedenen Altersklassen - grösseren Schwankungen unterliegt. *

Um die Frage beantworten zu können, ob das Zwerchfell des Emphysematikers schwerer oder leichter ist als das sog. normale Zwerchfell, genügt es nicht, einfach das arithmetische Mittel zu berechnen. In "Statistik und Medizin" (Geigy, Wissenschaftliche Tabellen 1955) findet sich dafür folgende Begründung:

> "Der Mittelwert ist ein punktförmiges Abstractum, der in der Biologie für sich allein nur wenig aussagen kann. Was bedeutet z.B. ein Mittelwert von 135 cm, wenn alle neunjährigen Knaben, die gemessen werden, grösser oder kleiner sind? Bei biologischen Kollektiven, denen natürlicherweise eine gewisse Streuung zukommen muss, sagt offenbar ein mittlerer, den grössten Teil aller normalen Variationen umfassender "Streuungs"bereich mehr aus. Das Mass für die Abgrenzung dieses Streuungsbereiches ist die Standardabweichung (s). Der Mittelwert stellt deshalb nur in Verbindung mit der Standardabweichung ein brauchbares statistisches Mass dar."

Wir berechneten bei unseren Fällen die Standardabweichung (s oder $\sqrt{s^2}$) nach der Formel:

$$s = S (x - \bar{x})^2 : (n - 1),$$

wobei x = Einzelwert $\bar{x}$ = Mittelwert n = Summe d.Einzelwerte

$S (x - \bar{x})^2$ = Summe der Abweichungen d.Einzelwerte vom Mittelwert im Quadrat

bedeutet.

Die Standardabweichung aller "normalen" Zwerchfellgewichte beträgt s = 69g. Getrennt nach Geschlechtern berechnet, erhalten wir für die männlichen Zwerchfelle s = 61g, für die weiblichen s = 36g.

Bei einem mittleren Zwerchfellgewicht aller unserer "normalen" Fälle von 226g, umfasst der Streuungsbereich ($\bar{x} \pm 2s$) 364g bis 88g. Aufgeschlüsselt nach Geschlechtern errechnet sich folgendes:

---

* Dies scheint z.T. auf den wechselnd starken Gehalt an Fettgewebe innerhalb des Muskels zurückzuführen zu sein. Doch soll darüber noch später berichtet werden (S.2o und 32).

männlich: Mittelwert: 235g; Streuungsbereich: 357g bis 113g.
weiblich: Mittelwert: 185g; Streuungsbereich: 257g bis 113g.

Bei unserem Beobachtungsgut liegt demnach das mittlere Zwerchfellgewicht der als normal definierten weiblichen Fälle um rund 1/5 niedriger, als das der gleichen männlichen Fälle.

Es erschien uns auch noch interessant, das Verhältnis von Zwerchfellgewicht zu Körpergewicht zu ermitteln. Wir legten dabei folgende Formel zu Grunde:

Z.K. = Verhältnis Zwerchfellgew. zu Körpergew. in %
= (Zwerchfellgew. X 100) : Körpergew.

Wie aus der Tabelle 1a und 1b ersichtlich ist, ergibt sich dabei folgendes:

1. Die Differenzen zwischen den einzelnen Fällen sind geringer als bei den absoluten Gewichten;
2. ist auch das Verhältnisgewicht des Zwerchfelles zum Körper bei der Frau deutlich niedriger als beim Manne.

H. F r o m m e, die bei ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen gelangte, deutet letzteres dahin, dass bei der Frau eine minderwertige Anlage des Zwerchfelles vorliege und die Brustatmung bei ihr der von Natur gewollte Atmungstyp sei.

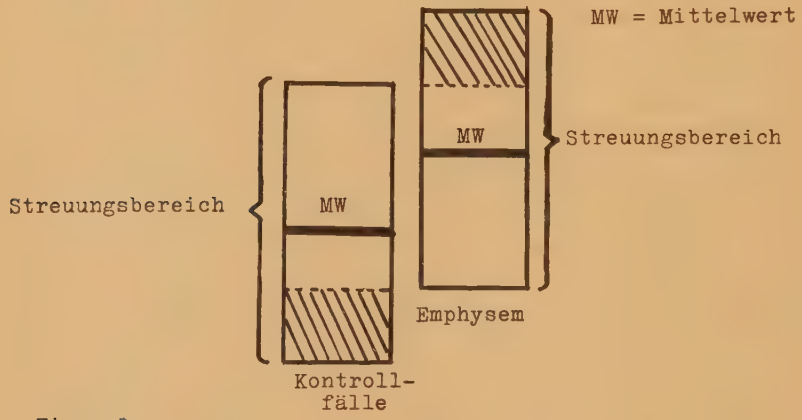
Wir möchten uns dazu jedoch zurückhaltender äussern. Nicht zuletzt auch deshalb, weil in verschiedenen neueren Arbeiten darauf hingewiesen wird, dass der andere Atmungstyp der Frau durch die Zivilisation (einschnürende Korsetts etc.) bedingt sein könnte. Ergänzend dazu fanden wir jedoch auch bei H. F r o m m e Angaben, dass bei manchen Indianerstämmen Amerikas alle Frauen eine ausgesprochene Bauchatmung erkennen liessen.

Die oben gefundenen Zahlenwerte sollen nun als Grundlage dienen, um die Zwerchfellveränderungen bei dem ch.s.E. beurteilen zu können.

In den beiden nächsten Tabellen sind die Zwerchfelle aufgeführt, deren Träger bei der Sektion ein ch.s.E. erkennen liessen. Die Aufstellung erfolgt wieder getrennt nach den beiden Geschlechtern. (sh. Tab.: 2a und b.)

Fasst man alle unsere gefundenen Zwerchfellgewichte bei Emphysemen zusammen, so errechnet sich eine Standardabweichung s = 60g. Bei einem mittleren Zwerchfellgewicht von 248g ergibt sich dann also ein Streuungsbereich von 368 g bis 128g.

Vergleicht man die Zwerchfellgewichte der Kontrollfälle mit denen bei Emphysem, so erkennt man, dass der Streuungsbereich der letzteren sowohl mit seiner oberen als auch mit seiner unteren Begrenzung deutlich gegenüber dem der Kontrollfälle nach oben verschoben ist. Ebenso ist auch das mittlere Gewicht der Zwerchfelle bei Emphysematikern höher als bei "Normalen". (sh. Figur 1).



Figur 1

Schlüsselt man die gefundenen Ergebnisse wieder nach Geschlechtern auf, dann zeigt sich folgendes:

männlich: Mittelwert: 263g Streuungsbereich: 367g - 159g.

weiblich: Mittelwert: 212g Streuungsbereich: 340g - 84g.

Tabelle 2a: Emphysem-Zwerchfelle, männlich

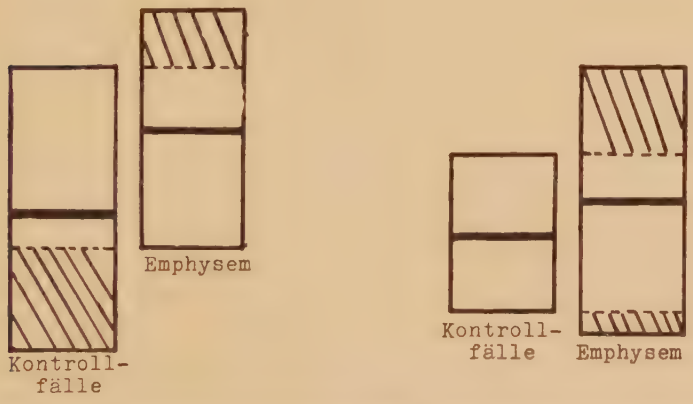
S.N.	A.u.G.	K.L.	K.G.	Z.G.	Z.K.	T.U.
5o6/56	45 J.	184	64	245	0,38	Mässig starkes ch.s.E; Coma hepaticum (lt. klin.Angabe).
193/56	46 J.	162	72	365	0,5o	Kräftiges, z.T. bullöses ch.s.E.;Ungeklärter, hochfieberhafter Infekt.
234/56	56 J.	169	65	2oo	0,3o	Massives, bullöses ch.s.E.; Herzversagen.
24o/56	55 J.	16o	56	3o5	0,54	Deutliches ch.s.E.; Massive Lungenembolie bds.
282/56	54 J.	16o	57	22o	0,38	Mässiges ch.s.E.; Starke Coronarsklerose; Herz- und Kreislaufversagen.
414/56	59 J.	178	82	25o	0,3o	Chron. Bronchitis bei ch.s.E.; Zustand nach Verkehrsunfall.
451/56	52 J.	172	81	32o	0,39	Hypertrophie d.re.Herzens bei ch.s.E.; Herzversagen.
189/56	68 J.	16o	54,5	33o	0,74	Ch.s.E.;Laenecsche Lebercirrhose; Coma hepaticum.
399/56	69 J.	175	74,5	295	0,39	Ch.s.E. ohne Blasenbildung; Lungenembolie.
216/56	7o J.	156	57	195	0,34	Ch.s.E. mit Emphysembronchitis; Herzversagen.
239/56	72 J.	172	61	195	0,31	Cor pulmonale; Ch.s.E.; Herzversagen.
254/56	7o J.	175	67	3oo	0,44	Mässig starkes ch.s.E.; Bronchopneumonie; Herzversagen.
391/56	71 J.	162	61	27o	0,44	Mässiges ch.s.E.; Hirnembolie (offenbar paradoxe Embolie).
439/56	73 J.	174	62	21o	0,33	Kräftiges ch.s.E.; Zustand nach Verkehrsunfall.
475/56	76 J.	158	56	255	0,45	Bullöses ch.s.E.; cerebraler Erweichungsherd.

Tabelle 2b: Emphysem-Zwerchfelle, weiblich

S.N.	A.u.G.	K.L.	K.G.	Z.G.	Z.K.	T.U.
458/56	53 J.	156	68	24o	0,35	Deutliches ch.s.E.; Sinusthrombose; Massenblutung ins Gehirn;
484/56	56 J.	163	4o	15o	0,37	Bullöses ch.s.E.; Blutung in das Temporalhirn.
21o/56	66 J.	166	68	175	0,25	Deutliches ch.s.E.; Stirnhirnatrophie; Beginnende Bronchopneumonie.
22/56	6o J.	16o	68	17o	0,25	Ch.s.E. mit chronischer Bronchitis; Lungenembolie.
235/56	69 J.	154	99,5	325	0,33	Mässiges ch.s.E.; Herz- und Kreislaufvers. b. essent.Hypertonie.
265/56	63 J.	158	58	21o	0,36	Ch.s.E. ohne Blasenbildung; Bronchopneumonie.

Bei den männlichen Fällen sind ebenfalls arithmetisches Mittel und Streuungsbereich der Zwerchfellgewichte bei Emphysem gegenüber denen bei den Kontrollfällen offensichtlich nach oben verschoben.

Die untere Begrenzung des Streuungsbereiches der weiblichen Emphysemfälle liegt im Gegensatz dazu unterhalb der der weiblichen Kontrollfälle, obwohl das mittlere Gewicht auch hier deutlich höher ist. (sh. Figur 2). Ein Zeichen dafür, dass die Zahl der zur Beobachtung gelangten weiblichen Emphysemfälle (6) für eine einwandfreie statistische Beurteilung nicht ausreicht.



Figur 2

Zusammenfassend lautet unser Urteil:

Bei unserem Beobachtungsmaterial ist das Zwerchfellgewicht der mit Emphysem behafteten Patienten insgesamt deutlich gegenüber dem sogenannten normalen Zwerchfellgewicht erhöht. Die weiblichen Fälle lassen die gleiche Tendenz wie die männlichen erkennen. Jedoch lässt sich dies infolge zu kleinen Beobachtungsgutes nicht so einwandfrei sichern wie bei letzteren.

Es erscheint von Interesse, auch das Verhältnis von Zwerchfellgewicht zu Lebensalter aufzudecken. Folgende graphischen Darstellungen sollen dies veranschaulichen. (sh. Kurve 1 und 2).

Aus Kurve 1 ist zu ersehen, dass die mittleren Zwerchfellgewichte der männlichen Kontrollfälle ein erstes Maximum im vierten Lebensjahrzehnt erreichen, um dann bis zum sechsten Lebensjahrzehnt ständig abzunehmen. Im siebenten Lebensjahrzehnt finden wir ein zweites, kleineres Maximum, während jenseits des siebzigsten Lebensjahres die mittleren Zwerchfellgewichte wieder deutlich absinken.

Beim Emphysem finden wir einen ganz analogen Kurvenverlauf nur mit dem Unterschied, dass dieser in allen Abschnitten deutlich eine Stufe höher gerückt ist.

Aus Kurve 2 können wir bei den weiblichen Fällen die gleiche Tendenz wiebei den männlichen entnehmen. Auch hier finden wir ein Maximum im siebenten Lebensjahrzehnt und ein kontinuierliches Absinken der mittleren Zwerchfellgewichte jenseits dieses Zeitpunktes. Ebenso ist das Zwerchfellgewicht beim Emphysem höher. Leider kamen jedoch nicht so viele weibliche Fälle zur Sektion, um die Beziehungen zwischen Lebensalter und Zwerchfellgewicht genau wie bei den Männern aufzeigen zu können.

Wie aus beiden Kurven hervorgeht, konnten wir vor dem vierzigsten Lebensjahr kein ch.s.E. beobachten. Auch allgemein kommen wohl vor diesem Alter - wie aus der Literatur hervorgeht - nur selten solche Fälle zur Obduktion.

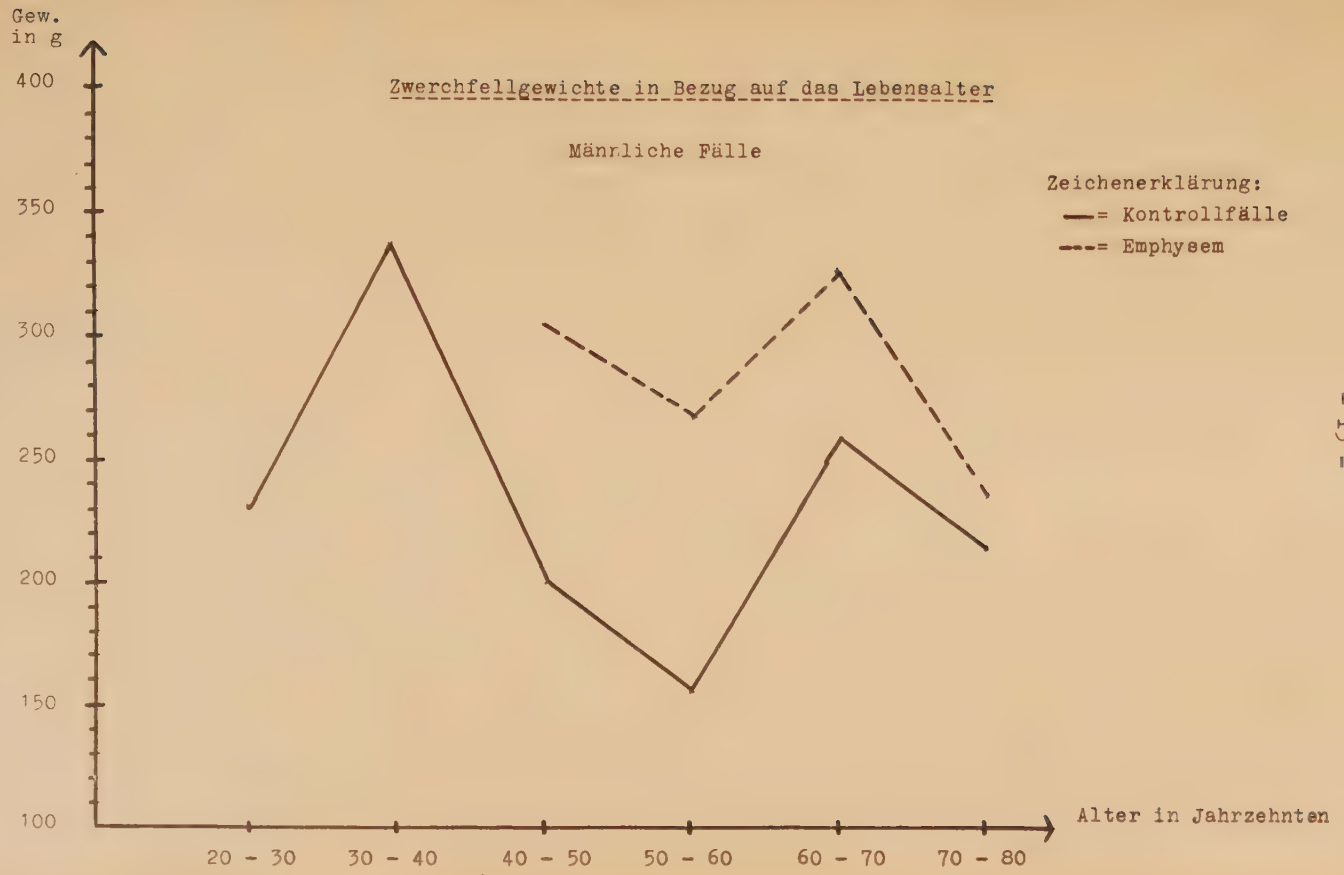
Wir haben dann noch den Index Zwerchfellgewicht:Körpergewicht (Z.K.) in Beziehung gesetzt zum Lebensalter. Die Kurve 3 soll dies für die männlichen Fälle graphisch darstellen.

Kurve 3 zeigt dabei ein ganz ähnliches Bild wie die Kurve 1. Nur sind beim Z.K. die beiden obenerwähnten Maxima im vierten und siebenten Lebensjahrzehnt annähernd gleich gross.

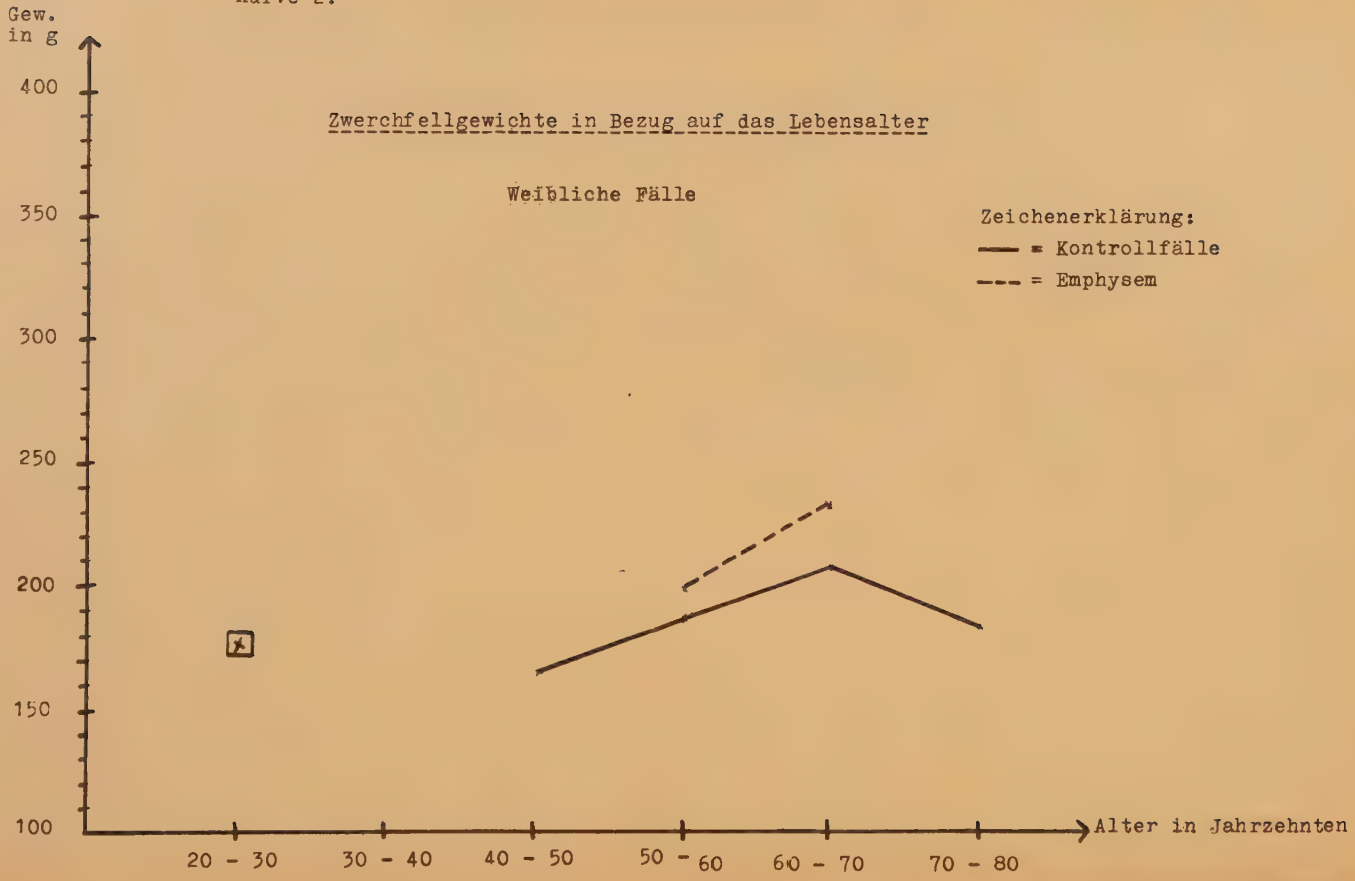
Wie nach dem früher gesagten zu erwarten war, ergab sich bei den weiblichen Fällen ein uncharakteristischer Verlauf. Aus diesem Grunde wurde auf eine Wiedergabe der Kurve verzichtet.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass auch in den einzelnen Lebensabschnitten das Zwerchfellgewicht des Emphysematikers deutlich gegenüber dem des lungengesunden Kontrollfalles erhöht ist.

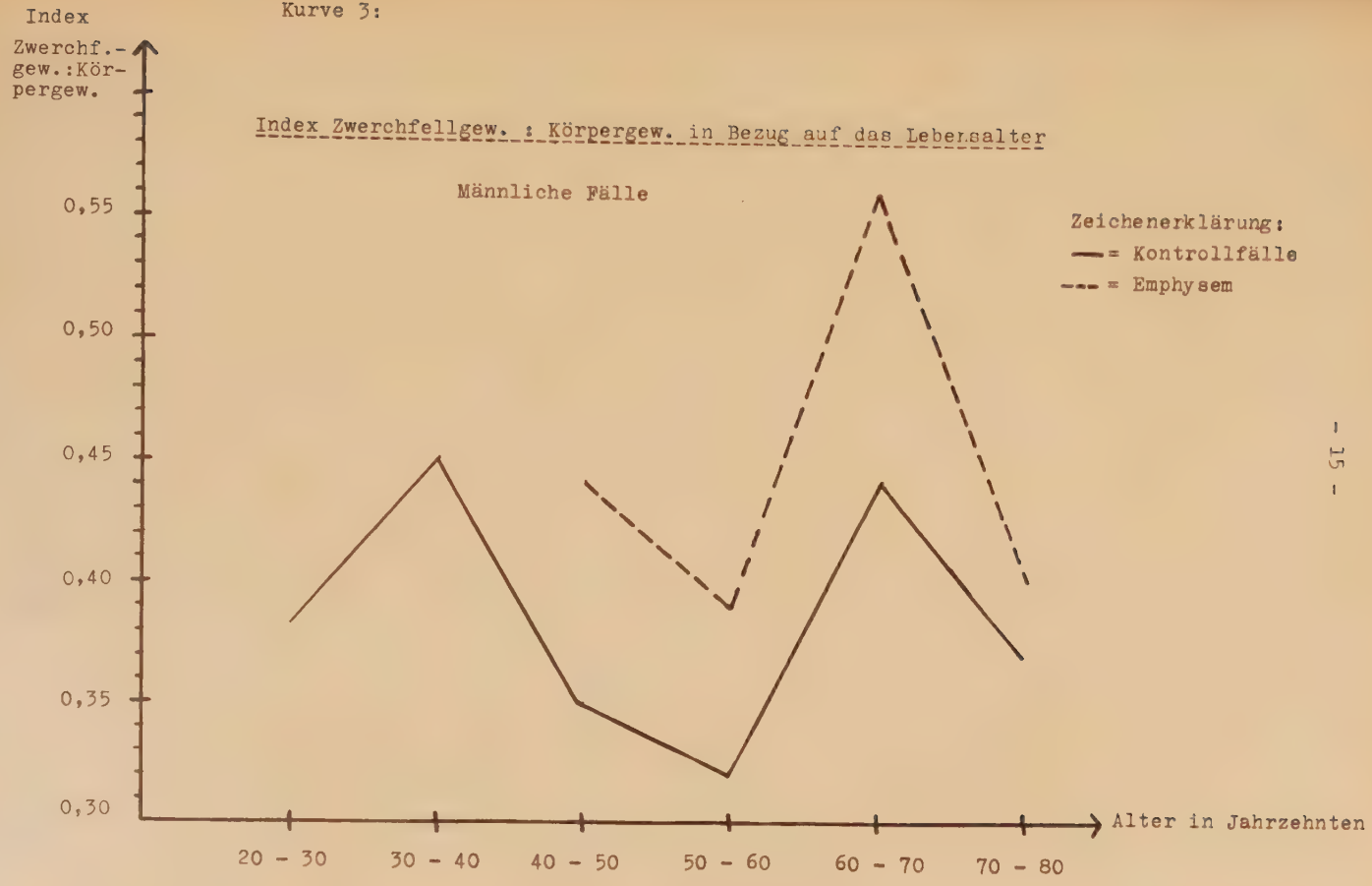
Kurve 1:


Gew. in g
400
350
300
250
200
150
100
Zwerchfellgewichte in Bezug auf das Lebensalter
Männliche Fälle
Zeichenerklärung:
= Kontrollfälle
= Emphysem
Alter in Jahrzehnten
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80

Kurve 2:


Gew. in g
400
350
300
250
200
150
100
Zwerchfellgewichte in Bezug auf das Lebensalter
Weibliche Fälle
Zeichenerklärung:
= Kontrollfälle
= Emphysem
Alter in Jahrzehnten
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80

Kurve 3:


Index
Zwerchf.-gew.:Körpergew.
Index Zwerchfellgew. : Körpergew. in Bezug auf das Lebensalter
Männliche Fälle
Zeichenerklärung:
= Kontrollfälle
= Emphysem
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
Alter in Jahrzehnten
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80

Im Widerspruch dazu steht H. F r o m m e's Erfahrung, die bei ihren Untersuchungen eine Atrophie des Zwerchfelles fand. Sie schreibt jedoch einleitend selbst:

"Ich schicke voraus, dass sich bei der Sichtung des Materials und Unterbringung in einzelne Rubriken herausstellte, dass die Zahl der Zwerchfelle nicht gross genug war, um die gefundenen Werte mit voller Sicherheit aus dem Bereich des Zufallbefundes herauszuheben. ----- So muss ich mich darauf beschränken, nur eine Anregung zu geben."

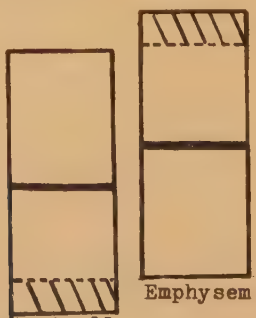
Wir haben nun zur Probe die von H. F r o m m e angegebenen Werte (54 Kontrollfälle, lo Emphysematiker) den unseren zugerechnet. Es ergab sich dabei folgendes: (sh. auch Tab.: 3)

Tab. 3: Gegenüberstellung d. eig. Werte mit H.Fromme + eig.W.

	Lungenges.Kontr.-Fälle		Emphysematiker	
	Eig. Werte	H.Fromme+eig.W.	Eig. Werte	H.Fromme+eig.W.
Arithmet.Mittel	226 g	21o g	248 g	231 g
Standardabweich.	69 g	63 g	6o g	65 g
Streuungsber.	364g-88g	336g-84g	368g-128g	361g-lolg

Bei den Kontrollfällen beträgt die Standardabweichung der Zwerchfellgewichte s = 63g, und das arithmetische Mittel 21og. Es ergibt sich also ein Streuungsbereich von 336g bis 84g. Die analogen Werte der Emphysematiker lauten dann s = 65g, Mittelwert = 231g und 361g bis lolg.

Figur 3 stellt dies noch einmal bildlich dar:



Figur 3:

Diese Zahlen stützen sich auf insgesamt achtzig normale und zweiunddreissig Zwerchfelle von Emphysematikern. Sie unterstreichen unsere Ergebnisse im vollen Umfange.

Die Kurven 4 (männl.Fälle) und 5 (weibl.Fälle) veranschaulichen die Beziehungen aller Zwerchfellgewichte (eigene + Fromme's) zum Lebensalter. Man sieht deutlich, dass sich die Kurve 4 vollkommen mit den Kurven 1 und 3 deckt. Der Verlauf der Kurve 5 nähert sich noch mehr den bei unseren männlichen Fällen gefundenen Ergebnissen als dies unsere weiblichen Fälle allein taten. Vor allem bei den Normalgewichten kommen die beiden Maxima im vierten und siebenten Lebensjahrzehnt deutlicher zum Vorschein.

Nach all dem oben Gesagten fühlen wir uns berechtigt, anzunehmen, dass die von den unseren abweichenden Ergebnisse H. F r o m m e s's auf einem geringeren Beobachtungsgut basieren.

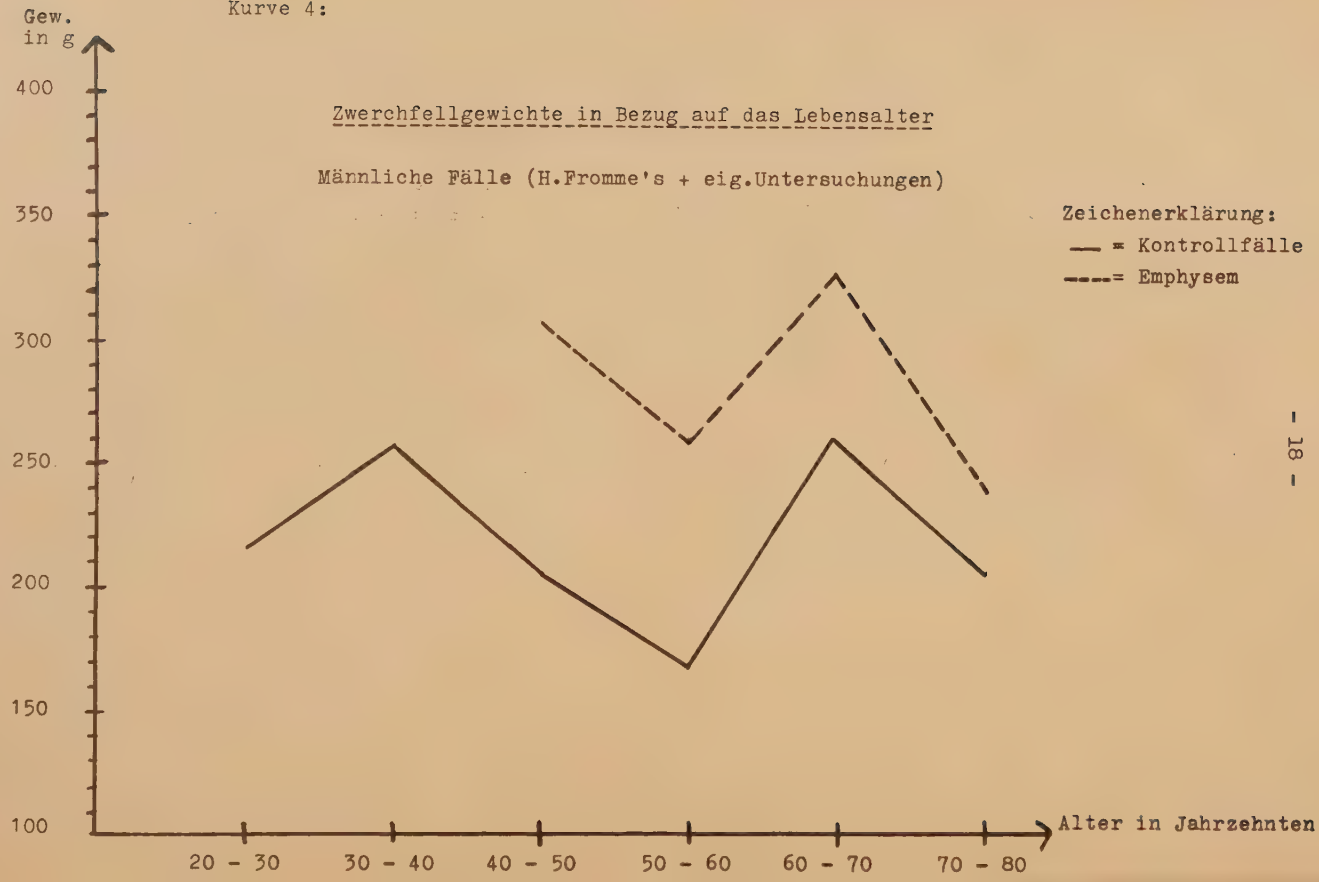
III. Mikroskopische Untersuchungen:

Wie an jedem quergestreiften Muskel so lassen auch am Zwerchfell die Myofibrillen anisotrope (A) und isotrope Abschnitte (I) sowie Z- und H-Scheiben und M- und N-Linien erkennen.

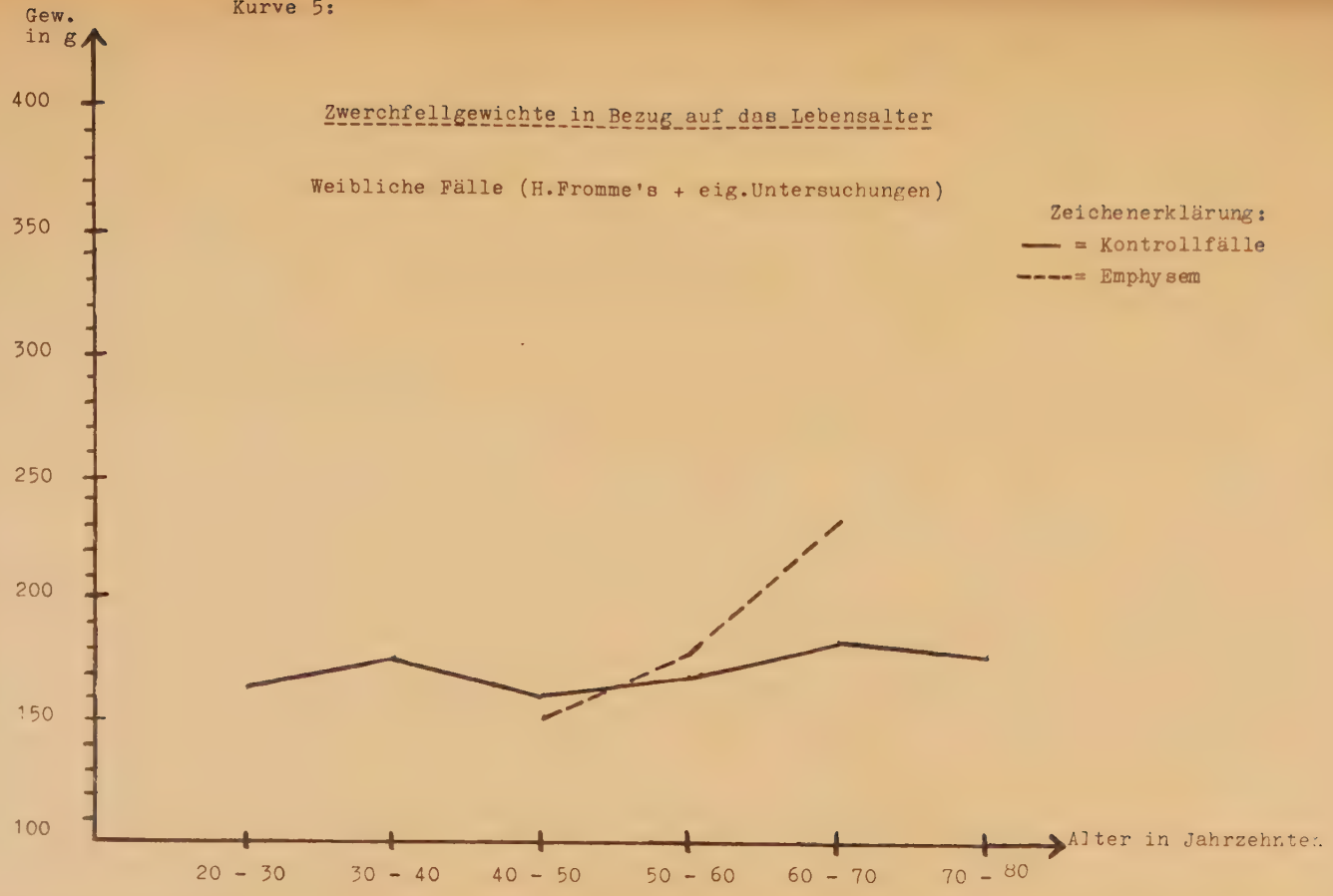
Den beiden begrifflich zu trennenden Funktionen des Zwerchfelles - der Bewegungs- und Halteleistung (Tetanus und Tonus) - entsprechen nach neuesten Untersuchungen von M. B l u h m, C. S a t a r a m a y a und P.G. G ü n t h e r auch zwei verschiedene "neuromuskuläre Substrate". Ihre z.T. elektronenmikroskopischen Untersuchungen zeigten, dass tatsächlich zwei charakteristische verschiedene Muskelarten im Zwerchfell vorliegen. Einmal handelt es sich um Fasern mit "Fibrillenstruktur" und andererseits um Fasern mit "Felderstruktur" in gemischter Anordnung. Neben diesen mit den Leistungen des Bewegens und Haltens in Beziehung zu setzenden Faserarten finden sich noch Unterschiede in der Dicke, im Sarkoplasmagehalt und in der Gefässversorgung.

Bei unserem Untersuchungsmaterial haben wir zunächst eine allgemeine histologische Durchmusterung vorgenommen. Ausserdem haben wir die Dicke der Muskelfasern gemessen, und zwar pro Präparat 2oo Fasern, und daraus den Mittelwert berechnet. Die Messungen führten wir mit einem Okularschraubenmikrometer nach Leitz aus. Die Ergebnisse unserer histologischen Untersuchungen sind im folgenden aufgeführt.

Kurve 4:


Gew. in g
400
350
300
250
200
150
100
Zwerchfellgewichte in Bezug auf das Lebensalter
Männliche Fälle (H.Fromme's + eig.Untersuchungen)
Zeichenerklärung:
— = Kontrollfälle
----= Emphysem
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
Alter in Jahrzehnten

Kurve 5:


Gew. in g
400
350
300
250
200
150
100
Zwerchfellgewichte in Bezug auf das Lebensalter
Weibliche Fälle (H.Fromme's + eig.Untersuchungen)
Zeichenerklärung:
= Kontrollfälle
= Emphysem
Alter in Jahrzehnten
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80

Da wir für unsere Untersuchungen - wie weiter oben schon einmal erwähnt - nur solche Fälle verwendeten, die keine groben anatomischen und histologischen Veränderungen (Tumormetastasen, Missbildungen etc.) aufwiesen, gelangten hauptsächlich normale Zwerchfelle zur Beurteilung. Wesentliche pathohistologische Veränderungen fanden wir daher nur bei einem Fall. Es handelt sich dabei um einen 71 jährigen Emphysematiker (Sektionsnummer 391/56). Histologisch zeigt das Präparat des Zwerchfelles Nr. 391/56 rechts einen stark aufgelockerten Bau des Gewebes. Quergestreifte Muskelfasern sind dabei nur vereinzelt noch erkennbar, und dann auch nur als Bruchstücke. Während einzelne dieser Muskelfasern eine Querstreifung recht deutlich erkennen lassen, fehlt sie bei anderen völlig. Aber auch die Fasern mit Querstreifung verlieren diese gegen die beiden Fasernenden zu. Das Sarkolemm ist nur abschnittsweise deutlich zu erkennen. Überwiegend trifft man im Präparat wellig verlaufende Bindegewebsfasern von wechselnder Anfärbbarkeit; manche sind kräftig eosinanfärbbar, ein grosser Teil ist nur schwach rosa tingiert. An einigen wenigen Stellen schliessen sich noch als untergehende Muskelfasern erkennbare Fasern unmittelbar an Bindegewebsfasern an. Zwischen das Bindegewebe sind wechselnd grosse Fettgewebsinseln eingestreut. Andere Abschnitte lassen eine eigentliche Struktur völlig vermissen. Das Gewebe ist hier sehr stark aufgelockert und weisst verquollene kollagene Fasern auf, die teilweise nur als Bruchstücke vorliegen. Mehrfach sind kapillare Blutgefässe mitvorhanden, die meist prall mit Erythrocyten angefüllt sind. Nur hin und wieder sind einzelne Rundzellen eingestreut, eine echte entzündliche Zellinfiltration fehlt. Blutungen liegen nicht vor.

Allen untersuchten Präparaten gemeinsam ist jedoch eine mehr oder minder starke Fettgewebsdurchwachsung der Muskelmasse des Zwerchfelles. Eine signifikante Beziehung zum Lebensalter oder Emphysem liess sich dabei jedoch nicht feststellen.

Bei unseren Messungen ergaben sich folgende Werte, die in Tab. 4 zusammengestellt sind. Da die Zahl der zur Sektion gelangten weiblichen Fälle - wie schon früher mehrfach erwähnt - eine geringe war, haben wir uns hierbei auf die Wiedergabe der Ergebnisse der männlichen Fälle beschränkt.

Tab.: 4 Faserdicke in µ

Lebensalt. in Jahrzht.		2o-3o	3o-4o	4o-5o	5o-6o	6o-7o	7o-8o
Kontr.-Fälle	re.	36,7	41,4	36,6	35,6	45,6	38,4
	li.	4o,5	34,8	38,4	42,o	41,4	47,6
Emphys. Fälle	re.	./.	./.	41,6	41,o	47,o	42,o
	li.	./.	./.	41,o	47,6	42,8	39,2

Die Kurven 6 und 7 stellen dies noch einmal graphisch dar.

Die Kurve 6 (rechte Zwerchfellkuppel) lässt dabei eine sehr deutliche Übereinstimmung mit den analogen Gewichtskurven der untersuchten Zwerchfelle erkennen, wobei auch hier die Fasern der Zwerchfelle bei Emphysem in allen Lebensabschnitten sichtbar dicker sind als die der Kontrollfälle. Die Messungen an der linken Zwerchfellkuppel hingegen lassen nur eine Dickenzunahme der Fasern mit dem steigenden Lebensalter erkennen. Eine Beziehung zu den Zwerchfellgewichten lässt sich hier nicht aufdecken.

C. Diskussion der Ergebnisse.

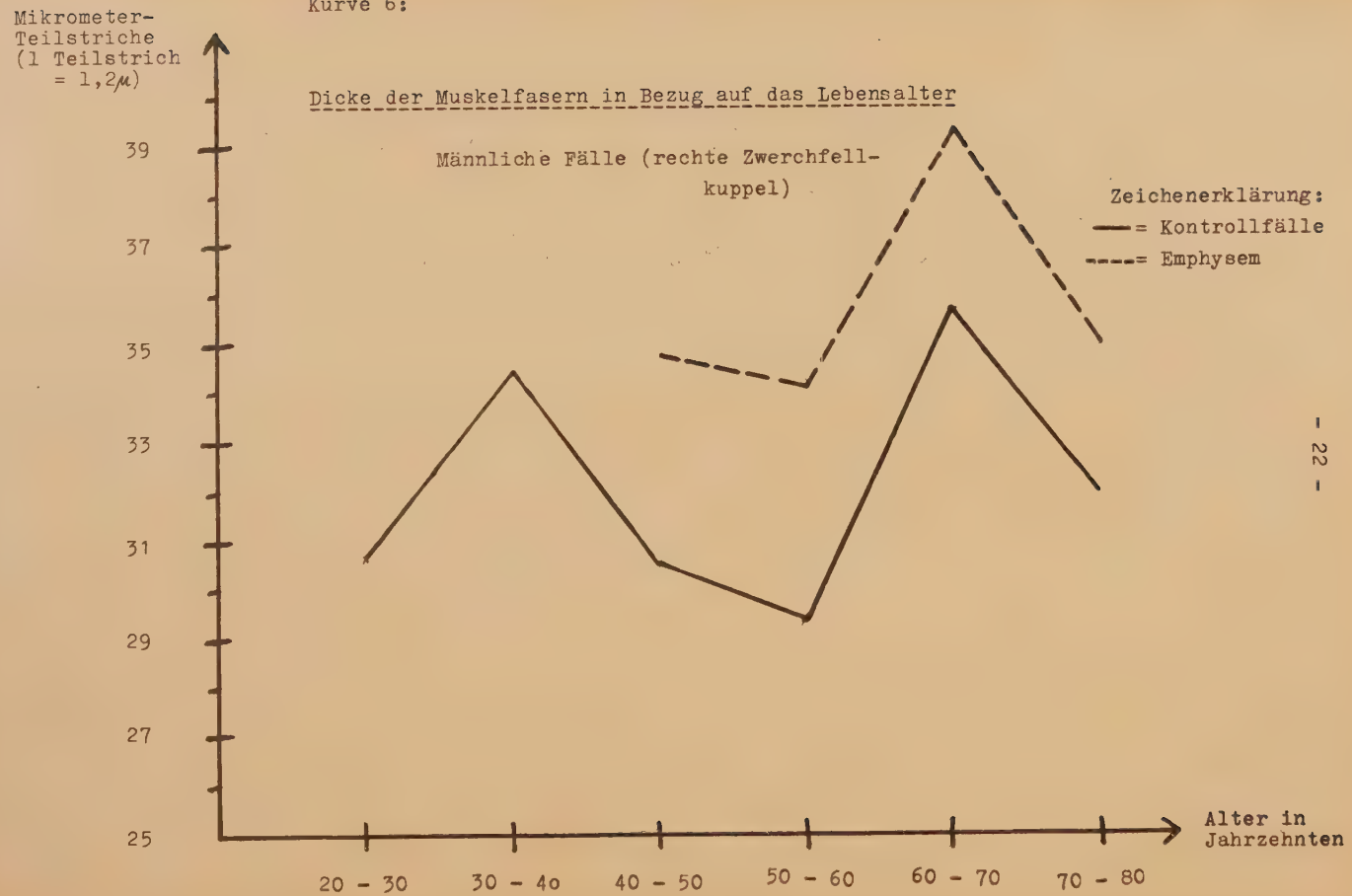
Um pathologische Veränderungen des Zwerchfelles entsprechend würdigen zu können, sei zunächst die Bedeutung des Zwerchfelles für den menschlichen Organismus kurz aufgezeigt. Nach den neuesten Forschungsergebnissen wird die Aufgabe des menschlichen Zwerchfelles darin gesehen, dass es

1. die Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle bildet,
2. neben den Intercostalmuskeln die Beatmung der Lungen besorgt,
3. die Zirkulation des Blutes im Abdomen regulieren hilft und
4. einen Einfluss auf die Resorption von Proteinen und Ergüssen aus den Pleurahöhlen hat, wie neueste Untersuchungen von F.C. C o u r t i c e u. Bede M o r r i s zeigen.

Im Rahmen dieser Arbeit interessieren hauptsächlich Punkt 2 und 3 obiger Übersicht.

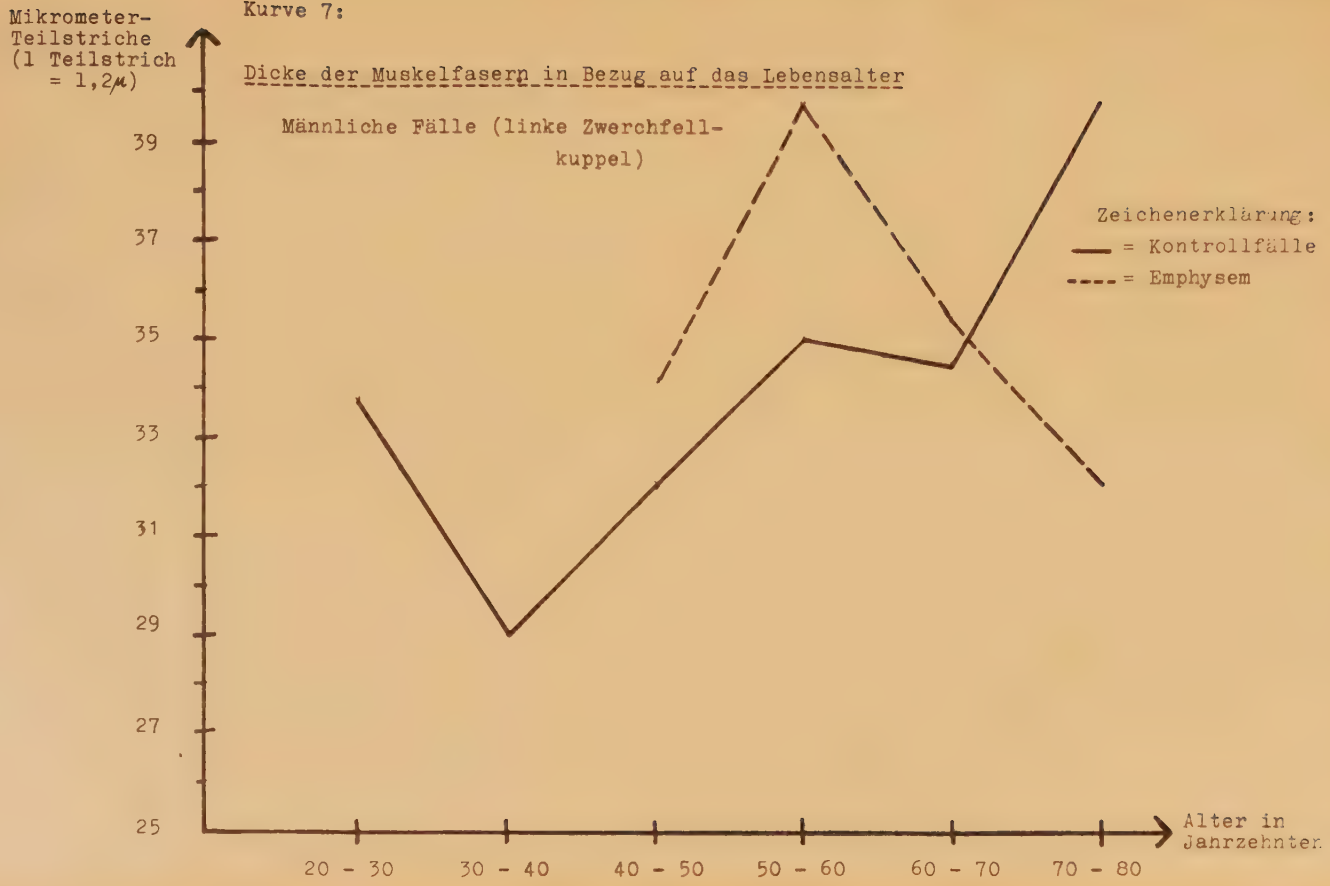
Kurve 6:

Dicke der Muskelfasern in Bezug auf das Lebensalter



Kurve 7:

Dicke der Muskelfasern in Bezug auf das Lebensalter



Dass das menschliche Zwerchfell einen Einfluss auf die Blutzirkulation hat, zeigt schon folgender einfacher Versuch von H i l l. Er brachte Kaninchen für eine längere Zeit in eine aufrechte Stellung. Als Folge davon sank der Blutdruck, das Herz füllte sich ungenügend und das Tier ging an einer "arteriellen Anämie" zu Grunde. Dass zu geringer abdominaler Druck für diesen letalen Ausgang verantwortlich zu machen ist, liess sich dadurch zeigen, dass der Blutdruck durch starke Kompression des Bauches fast zur Norm anstieg und das Herz sich wieder genügend füllte.

Wie wir nun heute wissen, fällt dem Zwerchfell die Hauptaufgabe dafür zu, dass beim Menschen - dessen venöser Blutstrom fast dauernd in einer der Schwerkraft entgegengesetzten Richtung fliesst - keine Behinderung der Zirkulation auftritt. Untersuchungen H a s s e's zeigten nämlich, dass das Zwerchfell nicht nur indirekt durch Erhöhung des intrathorakalen negativen Druckes bei der Inspiration auf den Kreislauf fördernd wirkt, sondern auch aktiv an der Austreibung des Leberblutes teilnimmt.

Der Einfluss des Zwerchfelles auf die Atmung sei im folgenden skizziert. Durch eine automatische Erregung des Atemzentrums erfolgt eine rhythmische Erweiterung und Verengerung des Brustraumes in allen Richtungen. Die Erweiterung ist dabei ein hauptsächlich aktiver Vorgang, hervorgerufen durch Muskelkontraktion. Die Verengerung ist dagegen ein vorwiegend passiver Vorgang, verursacht durch die Schwerkraft und die Elastizität der bei der Einatmung nach aussen verbogenen Rippenknorpel. Bei ruhiger, normaler Atmung erfolgt die Erweiterung in Querrichtung durch Kontraktion der Mm. intercostales ext., die die Rippen heben und um ihre Längsachse nach aussen drehen. In der Längsrichtung wird der Brustkorb durch die Kontraktion des Zwerchfelles erweitert. Bei der Zusammenziehung müssten sich nun aber die unteren Rippen der Mittellinie nähern. Dies würde jedoch die durch das tiefergetretene Zwerchfell erreichte Erweiterung des Thoraxraumes in longitudinaler Richtung wieder illusorisch machen. Unter normalen Verhältnissen erfolgt nun aber in Wirklichkeit keine inspiratorische Einziehung der unteren Thoraxapertur, da die costale Inspirationsbewegung mit Hebung und Aussenrotation der Rippen dem entgegenwirkt.

Experimentelle Versuche von D u c h e n n e machen es

wahrscheinlich, dass auch der inspiratorisch erhöhte intraabdominelle Druck eine Verengerung des unteren Brustraumes hemmt. Reizung des Phrenicus bei Tieren mit geschlossener Bauchhöhle liess nämlich die unteren Rippen seitlich ausweichen, bei eröffneter Bauchhöhle - und damit fehlendem intraabdominellem Druck - dagegen erfolgte eine Einziehung der unteren Thoraxöffnung.

Bei der inspiratorischen Kontraktion entfernt sich das Zwerchfell von der Thoraxinnenwand. Dadurch wird der Sinus phrenicocostalis, der im Exspirium den ganzen unteren Thoraxumfang als ein schmaler, keilförmiger Raum umgibt, breit. Der Winkel, den Zwerchfell und Brustwand miteinander bilden, nähert sich dabei einem rechten Winkel. Die Lunge, die sich infolge des erhöhten negativen Druckes in den Pleuraspalten dehnen und vergrössern konnte, füllt nun mit ihren unteren Abschnitten diesen Komplementärraum aus.

Indem man direkt oberhalb der Insertionsstelle des Zwerchfelles einen Intercostalraum freipräparierte und nur die durchsichtige Pleura costalis stehen liess, konnte man die pigmentierte Lungenoberfläche vorbeigleiten sehen. Gleiche Pleurafenster in höheren Intercostalräumen liessen erkennen, dass die oberen Abschnitte der Lunge sich gleichzeitig mit der Bewegung des Zwerchfelles ausdehnten.

E p p i n g e r fand bei diesen Versuchen, dass die Verschiebung in den oberen Lungenteilen gering ist. O r s ó s hingegen kommt - unterstützt durch mechanisch-theoretische Erwägungen - zu dem Schluss, dass die Dehnung der Alveolen an der Spitze am stärksten ist. Nach seiner Darstellung ist die Zwerchfellatmung hochbedeutsam für die Belüftung der Lungenspitze.

Ältere Forscher wie z.B. H u l t k r a n z und L a n d o i s, die dem Zwerchfell nur eine geringe oder gar keine aktive Bedeutung für die Atmung zuerkennen wollen, führen dazu zwei Tatsachen an:

1. bei Tieren mit vorwiegend diaphragmaler Atmung stellt eine doppelte Phrenikusdurchschneidung wohl eine Erschwerung der Atmung, aber keine eigentliche Lebensgefahr für das Versuchstier dar, sofern nur die Kostalmuskeln genügend kräftig sind und der Brustkorb stark genug ist;
2. hat man klinisch des öfteren beobachten können,

dass selbst bei doppelseitiger Zwerchfellähmung Atembeschwerden sich nur bei körperlicher Anstrengung zeigten.

Dem wird gegenübergestellt, dass

1. die Nervi phrenici der Tiere durchaus nicht gleichwertig mit dem N. phrenicus des Menschen sind. Ästen aus den 7. bis 12. Intercostalnerven kommt nämlich, je weiter man in der Tierreihe zurückgreift, eine umso grössere Rolle in der motorischen Versorgung des Zwerchfelles zu. Dagegen behauptet E i s l e r, dass diese Nerven beim Menschen nur zur Pleura und den Blutgefässen ziehen;
2. die Bewegungslähmung, wie E p p i n g e r hervorhebt, noch nicht den Tonus des Muskels aufhebt. Neueste Untersuchungen von Paul Georg G ü n t h e r scheinen auch verschiedene morphologische Grundlagen für die Bewegungs- und Halteleistung des Zwerchfelles aufgedeckt zu haben.

Zusammenfassend sei gesagt, dass im Schrifttum jetzt ein mittlerer Standpunkt eingenommen wird. Costaler und abdominaler Atmungstyp kommen gleichberechtigt nebeneinander vor.

Weiterhin müssen wir uns erst einen kurzen Überblick über Pathogenese und Pathophysiologie des ch.s.E. verschaffen, um die Beziehungen zwischen diesem und den von uns gefundenen Zwerchfellveränderungen aufzeigen zu können.

Die klassische Ansicht über das Zustandekommen des das ch.s.E. charakterisierenden Symptomenkomplexes: Atrophie, Dehnung, Anämie ist die, welche wir beispielsweise bei H. L o e s c h k e im Handbuch der spez. pathol. Anatomie und Histologie finden können. Danach wird das ch.s.E. verursacht:

I. Durch primäre Ernährungsstörung des Lungengewebes,
   a) durch Gefässstenose oder Verschluss (isolierte lobäre Gewebsatrophie mit sekundärer Dehnung (Infarkte, Thrombose), Emphysema bullosum),
   b) durch entzündliche Gewebsschädigung (eitrige Bronchopneumonie mit Einschmelzungsprozessen).

II. Durch primäre Dehnung und sekundäre Anämie und Atrophie,
   1. durch Respirationshindernisse (Stenosen der Luftwege, Bronchitis, Bronchiolitis, Asthma);

a) inspiratorisch
b) exspiratorisch (Husten)

2. durch statische Einflüsse;
a) komplementär (Narbenschrumpfung, Atelektasen usw.)
b) thorakogen.

Nach neueren Untersuchungen W. G i e s e's steckt in jedem ch.s.E. insoweit ein Konstitutionsfaktor, als jedes elastische Gewebe der Alterung unterliegt und damit physiologisch im Laufe des Lebens an elastischen Eigenschaften verliert. Die hinzutretenden exogenen Faktoren können dann den physiologischen Schwund an Elastizität beschleunigen. E. K i r c h und W. G i e s e machen in diesem Zusammenhang auch auf die Lungenresektion als einem in letzter Zeit neu hinzugetretenen exogenen Faktor aufmerksam. Erwähnt seien in Verbindung damit noch die"Tierexperimentellen Studien über die Sportlunge und ihre Rückbildungsfähigkeit" von W. N ü r m b e r g e r. Die Unsicherheit in der Abschätzung exogener Faktoren für die Entstehung des Emphysems liegt nach der Ansicht W. G i e s e's nun darin, dass man rein morphologisch keine Möglichkeit einer direkten Unterscheidung zwischen dem primären, endogenen und dem sekundären, exogenen Emphysem hat. So erklärt sich auch der Unterschied der Meinung H. L o e s c h k e's, der die Thoraxdeformität als eine der Ursachen für das ch.s.E. hält, von der W. L ö f f l e r's. Letzterer ist nämlich der Ansicht, dass - wie überall im Organismus - auch hier das Weichteilgewebe durch seine Dynamik den Knochen formt und nicht umgekehrt.

Die typische Inspirationsstellung des Thorax beim Emphysempatienten durch den Verlust der Elastizität bzw. ihre Abnahme als Folge einer Parenchymschädigung der Lunge erklärt P. H. R o s s i e r wie folgt:

Die Füllung der Lunge entspricht einem Gleichgewichtszustand zwischen den Retraktionskräften der Lunge einerseits und der Neigung des Brustkorbes zur Expansion andererseits. Erst bei einer Füllung mit etwa 70% der Vitalkapazität entwickelt der Brustkorb der Lungenelastizität gleichgerichtete Kräfte. Die bei normaler Füllung noch zentrifugal gerichteten Kräfte des Brustkorbes müssen sich bei verminderter Lungenelastizität im Sinne einer Inspirationsstellung auswirken.

W. G i e s e hat diese Überlegungen durch Messungen der elastischen Funktion von Leichenlungen, die etwa dem Tiffeneautest der Klinik vergleichbar sind, bestätigt. Eine normale Leichenlunge bläst dabei in drei Sekunden (entspricht der normalen Respirationszeit bei Gesunden) etwa 5o% der eingefüllten Luft aus eigener Kraft aus. Bei hochgradigem Emphysem dagegen wird der Ausblasungswert von 5o% erst in 2o Sekunden erreicht und innerhalb der 3-Sekunden-Grenze hat diese Lunge nur etwa lo% der eingeblasenen Luft abgegeben.

Physiopathologische Untersuchungen von P. H. R o s s i e r haben gezeigt, dass unter normalen Bedingungen die elastische Retraktionskraft der Lungen eine Funktion des Dehnungszustandes des Organes ist. Die Elastizität ist dabei vollkommen unabhängig von der pro Zeiteinheit geförderten Luftmenge. Unter pathologischen Bedingungen kann man dagegen, sobald Bronchialstenosen mit im Spiel sind, beobachten, dass die Retraktionskraft nicht nur vom Lungenvolumen also dem Dehnungszustand, sondern auch von der Atemstromstärke (= die pro Zeiteinheit geförderte Luftmenge) beeinflusst wird. Die Lungenelastizität, unter normalen Bedingungen ein rein statischer Begriff, wird plötzlich dynamisch beeinflusst, d.h. wir müssen zwischen statischer und dynamischer Elastizität unterscheiden.

Im Normalzustand entspricht die statische Elastizität der dynamischen, nicht aber, wenn Bronchialstenosen vorliegen und die Lungen ihre Homogenität verlieren. Durch diesen Verlust der Homogenität variiert der Strömungswiderstand in den einzelnen Bronchien, damit ändert sich die Atemstromstärke von Bezirk zu Bezirk. Dies beeinflusst wieder die regionale Füllung der Lungen und damit die Dehnung des Parenchyms. Wir haben also unter diesen Bedingungen ein Nebeneinander von stark geblähten und schlecht gefüllten Bezirken. Dabei wird der intrathorakale Druck für ein bestimmtes Inspirationsvolumen stärker negativ, als bei einer gleichmässigen Lungenfüllung, was einen erhöhten Elastizitätskoeffizient vortäuscht.

Neben der passiven Retraktion zu Beginn der Exspiration kommt es nun aber bei der Emphysemlunge mit ihrer fehlenden bzw. verminderten statischen Elastizität am Ende zu einer aktiven Kompression der Lunge durch verstärkte Tätigkeit der Atemmuskula-

tur. In diesem Moment wird der Druck im Pleuraraum im Verhältnis zur Atemluft positiv (Nachweis durch Messungen erbracht), was es normalerweise garnicht gibt. Die kleinen nicht durch Knorpel gestützten Bronchien können durch diesen positiven intrathorakalen Druck, der denjenigen innerhalb der Lungen übersteigen kann, komprimiert werden, womit sich eine Stenosierung ergibt. So kommt es zum "trapping" (trap = fangen/Falle, gemeint ist das Fangen der Luft hinter der Stenose und der damit verbundenen Dehnung der Alveolen) der amerikanischen Autoren, das besonders beim Emphysem und Asthma bronchiale beobachtet wird.

P.H. R o s s i e r schreibt nun wörtlich:

"Die Verminderung der statischen Elastizität der emphysematösen Lunge ist eine der Hauptursachen der Inspirationsstellung des Thorax und die Zunahme der dynamischen Elastizität während des Atemzyklus ein wichtiger Faktor, neben der erhöhten Viskosität, für die Vergrösserung der inspiratorischen Atemarbeit bei dieser und anderer Affektionen mit Bronchialstenosen."

Auch W. L ö f f l e r bestätigt diese Überlegungen. Nach seiner Ansicht befindet sich der Thorax beim Emphysematiker in einer "in Richtung der Inspirationsstellung verschobenen Mittellage". Er führt des weiteren an, dass man sich auch als Nichtemphysematiker im Selbstversuch leicht davon überzeugen kann, dass die Kraftentfaltung zur Inspiration mit zunehmender Inspirationsstellung rasch ansteigt.

Mit Hilfe der vorstehend aufgeführten Untersuchungen lassen sich nun zwanglos unsere Befunde erklären.

Wie wir aus den Kurven 1 und 3 entnehmen können, steigt das Zwerchfellgewicht bis zum vierten Lebensjahrzehnt an. Den von H. F r o m m e in Rössle,Roulet "Zahl und Mass in der Pathologie" veröffentlichten Zwerchfellgewichten konnten wir dabei eine analoge Tendenz entnehmen. Nach diesem Zeitpunkt wird das Zwerchfell zunehmend leichter. Ob allerdings dieser, bei unseren Fällen beobachteten Erscheinung eine signifikante Bedeutung zukommt, erscheint uns ungewiss. Es wäre auf alle Fälle einleuchtender, wenn das Zwerchfellgewicht in den folgenden Lebensjahren einen mit der Abszisse parallelen Verlauf zeigen würde. Sicher ist jedoch, dass das Zwerchfellgewicht mit dem sechsten

Lebensjahrzehnt deutlich ansteigt. Wir erklären uns diese Erscheinung folgendermassen:

Nach W. G i e s e verliert die Lunge ja auch physiologisch im Laufe des Lebens an Elastizität. Dies bedingt eine mangelnde Retraktionskraft der Lungen, die wiederum zu einer in Richtung der Inspirationsstellung verschobenen Mittellage des Thorax und einer vermehrten Arbeitsleistung bei der Inspiration führt. Die daraus resultierende Hypertrophie der Atemmuskulatur muss zwangsläufig vor allem beim Zwerchfell zu finden sein, da ja die Rippenheber durch die vermehrte Inspirationsstellung und der darauf beruhenden Thoraxstarre in ihrer Funktion beeinträchtigt sind. Nach dem siebenten Lebensjahrzehnt überwiegt dann die senile Atrophie der Muskulatur über die zur Vergrösserung der inspiratorischen Atemarbeit führenden Kräfte und es kommt zum Absinken des Zwerchfellgewichtes.

Die Kurven 1 und 3 veranschaulichen weiterhin, dass die Zwerchfellgewichte beim Emphysem einen annähernd parallelen Verlauf mit denen unserer Kontrollfälle zeigen, nur sind erstere deutlich eine Stufe höher gerückt. Damit kommen wir in Übereinklang mit W. G i e s e's Untersuchungen, nach denen beim Emphysem der an und für sich physiologische Schwund der Lungenelastizität im Laufe des Lebens durch hinzutretende endo- und exogene Faktoren verstärkt und beschleunigt wird. Damit müssen zwangsläufig die oben angeführten, zur Hypertrophie des Zwerchfelles führenden Kräfte früher und in verstärktem Masse zur Geltung kommen.

E p p i n g e r hat wie wir eine Hypertrophie des Zwerchfelles beim ch.s.E. beobachtet und erklärt dies auch damit, dass mit dem inspiratorischen Tiefstand des Zwerchfelles eine Erhöhung der muskulären Tätigkeit verknüpft ist.

R o k i t a n s k y betrachtet ebenfalls die Hypertrophie der Atemmuskeln als typischen Befund beim ch.s.E.

Es muss jedoch vermerkt werden, dass beide Autoren zu ihren Ergebnissen nicht durch Wägungen oder Messungen der Muskelfasern gelangten, sondern lediglich durch Messungen der Dicke des Zwerchfelles bzw. durch Schätzungen.

Die davon abweichende Meinung H. F r o m m e's basiert einerseits - wie wir bereits gezeigt haben - auf einem geringeren Be-

obachtungsgut. Andererseits scheint uns auch noch folgende Tatsache von Bedeutung für ihre gegenteilige Ansicht. H. F r o m m e hat nämlich als Kontrollfälle nur muskelstarke Individuen bis zum vierten Lebensjahrzehnt genommen, während ihre Emphysemfälle vorwiegend im sechsten Lebensjahrzehnt standen. Ein Blick auf unsere Kurven 1, 3 und ebenso 6 zeigt nun aber, dass auch bei uns das Gewicht bzw. die Faserdicke der Zwerchfelle unserer Kontrollfälle im vierten Lebensjahrzehnt grösser ist, als das unserer Emphysemfälle im sechsten Lebensjahrzehnt.

Wie der etwa parallele Verlauf der Faserdicke der rechten Zwerchfellkuppel mit den Zwerchfellgewichten zeigt - während die Fasern der linken Zwerchfellkuppel eine konstante Zunahme ihrer Dicke mit steigendem Lebensalter ohne erkennbare Beziehungen zum Zwerchfellgewicht sichtbar werden lassen - scheint die Muskelmasse der rechten Kuppel massgebend bei der Hypertrophie des Zwerchfelles zu sein.

Zur Erklärung dieses Befundes möchten wir zunächst eine Beobachtung H. F r o m m e's anführen. Sie fand bei ihren Wägungen die rechte Zwerchfellkuppel deutlich schwerer als die linke. Wir selbst haben die Zwerchfellkuppeln nicht getrennt gewogen und können daher zu dieser Angabe keine Stellung beziehen. Die Beobachtung vor dem Röntgenschirm und auf dem Sektionstisch zeigt auch, dass die Kontraktionsmöglichkeit rechts grösser ist als links. Während bei der Exspiration die rechte Zwerchfellkuppel in der Regel um einen Intercostalraum höher steht als die linke, stellen sich beide während der Inspiration annähernd horizontal. Dies bedeutet ebenfalls eine erhöhte Arbeitsleistung der rechten Zwerchfellhälfte. Ein weiterer nach unserer Ansicht nicht unwichtiger Faktor liegt in der Tatsache begründet, dass das Zwerchfell auch eine kreislauffördernde Funktion ausübt, wie die Untersuchungen H a s s e's zeigten. Aus rein topographischen Gründen (Austreibung des Leberblutes durch Pressung der Leber) muss dabei die rechte Zwerchfellkuppel die grössere Arbeit vollbringen. Wir finden nun beim ch.s.E. häufig eine pulmonale Hypertonie, die ihrerseits eine kompensatorisch verstärkte Tätigkeit besonders der rechten Zwerchfellhälfte zur Unterstützung der rechten Herzkammer auslösen könnte. Da nach E. K i r c h Rechtshypertrophie des Herzens und Pulmonalsklerose als Indika-

toren für eine bestandene pulmonale Hypertonie gewertet werden können, haben wir unser Beobachtungsgut in dieser Hinsicht geprüft. Wir fanden dabei Zeichen eines erhöhten Druckes im kleinen Kreislauf bei 15 unserer Emphysempatienten, also der überwiegenden Mehrzahl. Dagegen konnten wir bei unseren Kontrollfällen nur zwei mit pulmonaler Hypertonie finden (es waren beides Fälle mit Hypertonie bei Arteriolosklerose und Hypertrophie beider Herzkammern). Doch befindet sich die Forschung hier noch ganz im Fluss. Dabei möchten wir besonders auf die Arbeiten von E. K i r c h, W. G i e s e, P.H. R o s s i e r und W. L ö f f l e r verweisen! Eine genaue Überprüfung dieser Zusammenhänge bedürfte natürlich weitgehender hämodynamischer Untersuchungen, die den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Doch möchten wir diese Möglichkeit immerhin zur Diskussion stellen.

Abschliessend seien die mehr oder minder grossen Fettgewebsinseln erwähnt, die wir bei allen unseren Präparaten zwischen der Muskulatur fanden. Sie stellen zweifellos bei unseren Wägungen einen Unsicherheitsfaktor dar, da sie ja weder präparatorisch zu eliminieren sind, noch sich ihre Menge exakt feststellen lässt. So erklären sich wohl auch z.T. die Gewichtsschwankungen der Zwerchfelle innerhalb der einzelnen Altersklassen. Trotzdem glauben wir bei der Übereinstimmung der Resultate unserer Wägungen mit den Z.K.-Berechnungen und den Fasermessungen sagen zu dürfen, dass unsere Ergebnisse ausserhalb dieser Fehlerbreite liegen.

D. Zusammenfassung

Es wird über die makroskopischen und mikroskopischen Untersuchungen an 48 menschlichen Zwerchfellen berichtet, wovon 26 auf Lungengesunde und 22 auf Emphysematiker entfallen. Ausserdem wurden zu Vergleichszwecken aus der Literatur weitere 54 Zwerchfelle von lungengesunden Patienten und lo bei ch.s.E. des Trägers herangezogen, sodass sich die Ergebnisse auf insgesamt 8o Kontrollfälle und 32 Fälle bei ch.s.E. stützen. Es konnte dabei folgendes festgestellt werden:

1. Bei dem ch.s.E. findet sich in allen Lebensabschnitten eine Hypertrophie des Zwerchfelles.
2. Bei der Hypertrophie scheint die rechte Zwerchfellkuppel die massgebende Rolle zu spielen.

3. Es lassen sich auch bei lungengesunden Menschen Gewichtsschwankungen des Zwerchfelles innerhalb der einzelnen Lebensabschnitte feststellen, wobei ein Maximum im vierten Lebensjahrzehnt und ein weiteres kleineres im siebenten Lebensjahrzehnt zu finden ist.
4. Die Zwerchfellgewichte der weiblichen Fälle liegen um rund 1/5 niedriger als die der gleichen männlichen.

Neuere Untersuchungen über die Pathophysiologie des Zwerchfelles und des ch.s.E. zeigen, dass die Lungen auch physiologisch im Laufe des Lebens an Retraktionskraft einbüssen. Dieser physiologische Vorgang setzt beim ch.s.E. früher und in verstärktem Masse ein. Die daraus resultierende erhöhte inspiratorische Atemarbeit muss - wegen der beim ch.s.E. vorhandenen Thoraxstarre - in der Hauptsache vom Zwerchfell geleistet werden. Mit Hilfe dieser Anschauungen lassen sich unsere Ergebnisse zwanglos erklären.

Herrn Privatdozenten Dr. D h o m bin ich ausserordentlich dankbar für die freundliche Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates. Besonderer Dank gilt der mannigfachen Unterstützung, mit der er mir bei der Durchführung der Arbeit stets zur Seite stand.

Herrn Professor Dr. K i r c h danke ich herzlichst für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. R o s s für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der histologischen Arbeiten.

Schrifttum.

Bluhm M. u. Sataramaya C.	Quart.J.Micrs.Sci. 92, 323 (1951)
Courtice F.C.u.Morris, Bede	Austral.J.Exper.Biol.a.Med.Sci. 31, 227 (1953)
Duchenne	Zit. nach Fromme
Eppinger,H.	Allgemeine und spezielle Pathologie des Zwerchfelles, zit. nach Fromme
Eppinger H. u. Hofbauer	Kreislauf und Zwerchfell, Zeitschr. f.klin.Med. 72, 154 (1911)
Eisler	Muskeln des Stammes. Handbuch der Anatomie v.Bardeleben Bd.II,1 (1912)
Fromme H.	Virchows Arch. 221, 117 (1916)
Geigy	Wiss. Tab. (1955)
Giese W.	Vern. dtsch.Inn.Med. 62, 12 (1956)
Günther P.G.	Acta anat.(Basel) 14, 54 (1952)
Hasse C.	Die Atmung und der venöse Blutstrom Arch.f.Anat. (1911)
Hill	Zit. nach Fromme
Holl	Arch.f.Anat.u.Physiol. (1915)
Hultkranz u. Landois	Lehrbuch der Physiologie v. Tigerstedt (1911)
Kirch E.	Verh.dtsch.Ges.Kreislaufforsch. 21, 163 (1955)
	Thoraxchirurgie 4, 183 u. 187 (1956)
Loeschke H.	Handb.d.spez.path.Anat.u.Histologie v. Henke,Lubarsch Bd.III,1 S.612 (1928)
Löffler W.	Verh.dtsch.Ges.Inn.Med. 62, 12 (1956)
Nürmberger W.	Virchows Arch.303, 303 (1938)
Orsós F.	Verh.dtsch.Ges.Path. 15, 136 (1912)
Rein H.	Einführung in die Physiologie des Menschen (1949)
Rokitansky K.	Zit.nach Henke-Lubarsch,Handb.d. spez.path.Anat. u. Histologie Bd.III,1
Rossier P.H.	Verh.dtsch.Ges.Inn.Med. 62, 34 (1956)
Rössle R. u. Roulet F.	Mass und Zahl in der Pathologie

Lebenslauf

Am 21.11.1929 wurde ich als Sohn des Rechtsanwaltes Heinz Rotte und seiner Ehefrau Elfriede geb. Gau in Chemnitz geboren. Von 1936 bis 1940 besuchte ich die Volksschule in Stollberg/Erzgeb. und wechselte anschliessend in die dortige Staatliche Oberschule für Jungen über. Im Juni 1948 erhielt ich von dieser Schule das Zeugnis der Reife. Ab August 1948 war ich zunächst als Praktikant bei der Kriminalpolizei Braunschweig-Stadt tätig. Am 1. Oktober 1948 wurde ich Hilfskrankenpfleger an den Städtischen Krankenanstalten Braunschweig. Vom Frühjahr bis Herbst 1949 arbeitete ich im Zentrallaboratorium der obengenannten Krankenanstalten als Laborant. Im Wintersemester 1949/50 begann ich mit dem medizinischen Studium in Würzburg. Nach Ablegen des Physikums 1952 immatrikulierte ich mich im Wintersemester 1952/53 an der Universität Innsbruck. Im Sommersemester 1953 kehrte ich nach Würzburg zurück und bestand im Februar 1956 die ärztliche Prüfung. Am 15. März 1956 trat ich als Pflichtassistent in das Pathologische Institut Würzburg ein und verblieb hier bis zum 31. Januar 1957.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und ausser der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe. Ein mir früher zugeteiltes Thema habe ich ordnungsgemäss zurückgegeben.

Lorsten Rotte.

RUDOLF BAEHR DRUCK- UND WERBETECHNIK
WÜRZBURG